



# CONCEPCIÓN TRANSVERSAL DE LOS PROYECTOS INTEGRADORES EN LA CARRERA DE INFORMÁTICA APLICADA A LA BIOINFORMÁTICA

## CROSS-CONCEPTION OF INTEGRATING PROJECTS IN THE ROLE OF COMPUTERS APPLIED TO BIOINFORMÁTICA

M. Sc. Caridad Salazar Alea

[jaime@upr.edu.cu](mailto:jaime@upr.edu.cu)

Dra. C. Raymari Reyes Chirino

[raymari@upr.edu.cu](mailto:raymari@upr.edu.cu)

Dr. C. Roberto Barrera Jiménez

[rbarrera@upr.edu.cu](mailto:rbarrera@upr.edu.cu)

Universidad de Pinar del Río, Cuba

### Resumen

El trabajo que se presenta tiene como propósito abordar la concepción transversal de los proyectos integradores en la carrera de Ingeniería Informática y su relación con el proceso de formación y desarrollo de habilidades en los estudiantes, sustentada en la línea de investigación Bioinformática del Departamento carrera. Se aborda el sistema de habilidades profesionales, su secuenciación a través de cuatro etapas y los principios que sustentan tal proceso. Se hace una propuesta además desde la línea Bioinformática, en relación con la instrumentación de los algoritmos y conceptos básicos de esta teoría a favor del proceso de formación y desarrollo de habilidades a través de los diferentes años.

**Palabras Clave:** Habilidades profesionales, proceso de desarrollo de habilidades, método proyecto, Bioinformática.

### Abstract

The work presented is intended to address the cross - sectional conception of integrative projects in the career of Computer Engineering and its relation to the process of training and development of skills in students, based on the Bioinformatics research line of the career department. It addresses the system of professional skills, its sequencing through four stages and the principles that underpin this process. A proposal is also made from the Bioinformatics line, in relation to the instrumentation of the algorithms and basic concepts of this theory in favor of the process of training and development of skills throughout the different years.

**Key Words:** Professional Skills, Skills Development Process, Project Method, Bioinformatics.

### 1. Introducción

Con la implementación del Plan de estudios D en la carrera Ingeniería Informática en la Universidad de Pinar del Río, surge la necesidad de fundamentar teóricamente el proceso de desarrollo de habilidades profesionales del ingeniero informático, teniendo en cuenta manifestaciones incoherentes en la gestión de este, así como el reconocimiento del colectivo pedagógico de la falta de precisión en torno al sistema de habilidades profesionales a lograr y de fundamentos didácticos y metodológicos que favorecieran a una mejor ejecución del currículo.

En el caso particular de la carrera de Informática de la Universidad de Pinar del Río, la realidad está respaldada además, por los resultados de las comprobaciones de aprendizaje realizadas en los últimos cinco años como parte del estudio tendencial, por la dirección del centro, inspecciones institucionales, los que han revelado que las dificultades mayores de forma general y en particular en el caso de los estudiantes de la carrera de Informática, se centran esencialmente en la falta de reconocimiento de las habilidades profesionales y su estructuración, lo que provoca la incapacidad de estos para resolver los problemas profesionales a



través de los diferentes años.

El proceso de desarrollo de habilidades profesionales en la carrera Ingeniería Informática requiere de una concepción a favor del modo de actuación del profesional, lo que ha estado incidiendo en que los estudiantes durante su formación muestren insuficiencias en el conocimiento de las habilidades profesionales que tributan a su desarrollo profesional, el dominio del sistema de acciones y operaciones que caracterizan a cada habilidad en cuestión, así como en la utilización de métodos científicos de trabajo, que permitan de manera sistemática y secuenciada la realización de tareas suficientemente orientadoras, de manera tal que puedan adquirir a lo largo de los diferentes años el modo de actuación deseado.

Por otra parte, es necesaria que la definición del banco de proyectos profesionales esté en función de las líneas de investigación de la carrera, de manera que tributen desde su concepción al proceso de formación y desarrollo de habilidades en los estudiantes. Tal es el caso de Bioinformática, una rama de la ciencia en la cual la biología, las ciencias de la computación y las tecnologías de la información se mezclan para formar una sola disciplina. La meta de esta disciplina científica es permitir el descubrimiento de nuevas ideas, así como ofrecer una perspectiva global a partir de la cual se puedan discernir nuevos principios y paradigmas (Pevsner, 2009). El desarrollo de nuevas vías para el manejo y gestión de la información biológica sigue siendo un objetivo fundamental de la bioinformática; sin embargo, el objetivo prioritario actual es el desarrollo de herramientas computacionales que permitan el análisis e interpretación de este gran volumen de información (Attwood et al. 2011).

Los elementos antes expuestos permiten abordar la necesidad de concebir desde el enfoque del trabajo con proyectos integradores, el desarrollo de habilidades en relación con las líneas de investigación del departamento carrera.

## 2. Materiales y métodos

Los resultados del trabajo se lograron con el auxilio de métodos de investigación teóricos y empíricos. Entre los primeros cabe destacar el analítico sintético, de gran utilidad a lo largo del proceso investigativo, por ejemplo, la información de la literatura disponible, primero se sometió a un análisis crítico. Luego, la síntesis final de la información de los documentos consultados requirió de una combinación correcta de los resultados de los estudios analizados mediante la integración

sistemática y selectiva de estos, con el objetivo de construir los fundamentos teóricos metodológicos que relacionan los procesos de formación pre profesional y profesional, los cuales constituyen la base para el desarrollo de habilidades profesionales en los estudiantes.

El método inductivo-deductivo, también estuvo presente a lo largo de todo el proceso investigativo, por ejemplo, para arribar a conclusiones en relación con las dificultades mayores de los estudiantes que se centran en la falta de reconocimiento de las habilidades profesionales, lo que provoca la incapacidad de estos para resolver los problemas profesionales en los diferentes años académicos.

La modelación fue de gran ayuda en el diseño de una estrategia transversal para la carrera de Ingeniería Informática basada en el banco de proyectos profesionales en función de las líneas de investigación de la carrera, para tributar a la formación y desarrollo de habilidades en los estudiantes.

Como métodos empíricos fundamentales se utilizaron la entrevista y la revisión de documentos. Con el primero se determinó la percepción de los profesores sobre la relación que se establece entre los problemas profesionales y el objeto del profesional de la Ingeniería Informática. Con el segundo, se sometieron a revisión los documentos curriculares del Plan de Estudios D para la carrera de Ingeniería Informática, lo que permitió fundamentar el proceso de desarrollo de habilidades profesionales del ingeniero informático desde las demandas incluidas en el currículo.

## 3. Resultados y discusión

Al abordar el proceso de desarrollo de habilidades profesionales, resulta importante recurrir a los criterios de Álvarez de Zayas en relación al diseño curricular en la Educación Superior cubana, donde considera que “el proceso profesional, como cualquier proceso, se desarrolla sobre las bases de leyes (...) y la que vincula el proceso profesional, considerado como sistema, con el medio y que se expresa mediante la relación problema, objeto, objetivo (...) y la que establece, los nexos internos del proceso y que se formula mediante la relación entre el objetivo, el contenido del proceso y sus métodos”. Álvarez de Zayas, 1996: 8-9).

Los fundamentos teóricos metodológicos que expresan estas leyes, al relacionar el proceso de formación pre profesional y profesional, constituyen referentes para la fundamentación del proceso de desarrollo de habilidades profesionales en los



estudiantes de la carrera Ingeniería Informática, en la Universidad de Pinar del Río.

En este sentido, para la concepción del proceso de formación y desarrollo de habilidades queda determinado como problema, “la necesidad que tienen los estudiantes durante su formación profesional de solucionar problemas computacionales inherentes al proceso de ciclo de vida de la información en las organizaciones, para alcanzar aquellas habilidades de mayor generalidad orientadas a la transformación del proceso de desarrollo y explotación de sistemas informáticos, teniendo en cuenta las técnicas, metodologías de desarrollo y lenguajes de programación de la ciencia informática con laboriosidad, solidaridad, responsabilidad y honestidad.

### 3.1 Sistema de habilidades profesionales

1. Desarrollar sistemas informáticos (Analizar dominio, Modelar negocio, Diseñar el sistema, Implementar el sistema, Probar el sistema, Mantener el sistema).
2. Explotar sistemas informáticos (Instalar sistema, Operar sistema, Mantener sistema, Reparar sistema)
3. Gestionar información (Planificar información, Organizar información, Procesar información, Controlar información)
4. Gestionar proyectos informáticos (Planificar proyecto, Organizar proyecto, Dirigir proyecto, Controlar proyecto).
5. Investigar procesos informáticos (Concebir investigación, Diseñar investigación, Fundamentar investigación, Ejecutar investigación, Evaluar investigación).

### 3.2 Sistema de Valores

1. Solidaridad expresada en el espíritu de colaboración y de trabajo en equipo, la consulta colectiva, el diálogo y debate para la identificación de los problemas y la unidad de acción en la selección de posibles alternativas de solución.
2. Responsabilidad a favor de un clima de autodisciplina en el desempeño de las tareas, en su cumplimiento con la calidad exigida.
3. Laboriosidad en el trabajo, en su constancia, disciplina y eficiencia en la búsqueda de mejores soluciones.
4. Cientificidad demostrada en búsqueda constante de argumentos en la ciencia, para fundamentar

cada una de las soluciones aportadas.

### 3.3 Los métodos, medios y formas a emplear

En la concepción de la propuesta el método de proyecto se considera rector, en tanto, pretende enfrentar a los estudiantes a situaciones que los conduzcan a rescatar, comprender y aplicar aquello que aprenden como una herramienta para resolver problemas; utilizar dicho método como estrategia, estimula el desarrollo de habilidades en los estudiantes, así como el amor por el aprendizaje, un sentimiento de responsabilidad, esfuerzo y entendimiento del rol que han de jugar en el equipo de trabajo.

Concebir el método proyecto como estrategia de aprendizaje, significa que el profesor pueda desarrollar las habilidades a partir de una planeación coherente de los proyectos integradores profesionales, es decir, planear el proceso de manera tal que las exigencias del proyecto integrador concebido como producto del aprendizaje, se conviertan al mismo tiempo en estrategia para aprender.

El proceso de desarrollo de habilidades profesionales, al asumir el método proyecto como rector, hace que el estudiante se enfrente constantemente a situaciones verdaderamente problemáticas y exija la búsqueda de soluciones creativas y novedosas, en correspondencia con la aplicación de “la ley que establece la necesidad de la formación para la solución de problemas profesionales, para el trabajo, para la vida.”(Álvarez de Zayas, 1999:16).

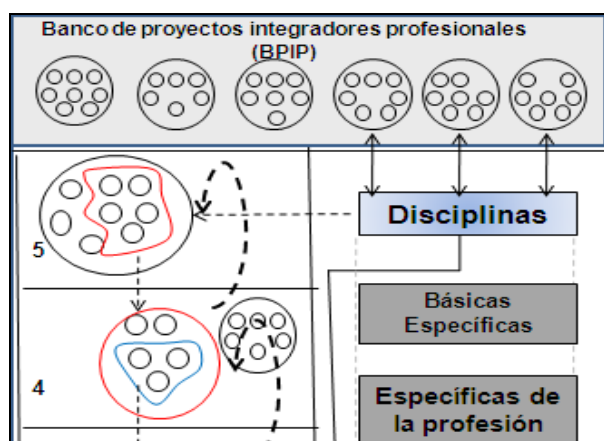
En la selección de los proyectos integradores profesionales, es determinante para el profesor la relación que se establece entre los problemas profesionales y el objeto del profesional, entendida como la relación entre los “problemas más generales y frecuentes inherentes al desarrollo y explotación de sistemas informáticos”.

Sobre la base de estos elementos, los proyectos integradores profesionales (PIP) en la presente investigación constituyen, enunciados que se corresponden con aquellas situaciones más generales y frecuentes, inherentes al desarrollo y explotación de sistemas informáticos en las organizaciones, compuestos por un conjunto de exigencias tecnológicas – gerenciales, que expresan las funcionalidades del problema a resolver, requiriendo para su solución de conocimientos y habilidades en diferentes áreas del saber (disciplinas).

Los proyectos integradores se subordinan a los

problemas profesionales, para conformar el banco de proyectos de la carrera. Por otra parte el Banco de proyectos integradores profesionales (Figura 1), constituye la fuente de materia prima para que las diferentes disciplinas puedan organizar el proceso. Los PIP de un año pueden ser resultado de una derivación gradual de otros proyectos en otro año o simplemente pueden ser proyectos que nacen nuevos en el año por necesidades a resolver.

El alcance de los proyectos puede ser: en el semestre, en el curso o a lo largo de uno o varios cursos. En consecuencia se defiende la idea de que la tarea docente está subordinada al proyecto, determina el nivel más celular de ejecución para lograr tales propósitos.



**Figura 1. Banco de proyectos integradores profesionales.**

Así mismo, (...) la tarea docente es célula porque en ella se presentan todos los componentes y leyes del proceso y además cumple la condición de que no se puede descomponer en subsistemas de orden menor ya que al hacerlo se pierde su esencia. (Álvarez de Zayas, 1999:16).

La tarea adquiere especial significado en la primera etapa (preparación de la ejecución) de desarrollo de la habilidad, pues es aquí donde el profesor de conjunto con los estudiantes llega a seleccionar los proyectos integradores profesionales, los deriva para obtener una o varias tareas que ayuden al estudiante y al equipo de trabajo a lograr los objetivos.

### 3.4 Etapas en el proceso de desarrollo de habilidades profesionales de los estudiantes de la carrera Ingeniería Informática

Se han tenido en cuenta cuatro etapas principales que desde lo curricular y extracurricular reflejan cómo a lo largo de los diferentes años se tributa al

desarrollo de las habilidades profesionales. Las consideraciones de la selección de estas etapas, estuvieron dadas a partir del reconocimiento de las habilidades más generales (Habilidades Generalizadas) según la lógica esencial de la profesión, y que representan a los núcleos básicos de conocimientos por las diferentes disciplinas.

**La primera etapa** (Modelación Computacional): abarca el primer año de la carrera y es aquí donde el estudiante se comienza a preparar para enfrentar el proceso de formación profesional y adquirir aquellas habilidades del año. A esta etapa se le presta una especial atención teniendo en cuenta que por primera vez el estudiante inicia estudios superiores y se aproxima al modelo del profesional, siendo la construcción de modelos la base para abordar los diferentes lenguajes y paradigmas de programación.

**La segunda etapa** (Gestión Informacional): Abarca el segundo y tercer año de la carrera donde las asignaturas de estructura de datos y base de datos integran en el año de manera que el colectivo sea capaz de profundizar en la construcción de modelos, técnicas de programación y almacenamiento de datos.

**La tercera etapa** (Dirección de proyectos): abarca el tercer año de la carrera, Las asignaturas Base de Datos Avanzadas e Ingeniería de Software I son las que integran el año en cada semestre y deben dirigir la atención esencialmente hacia la gestión de proyectos informáticos.

**La cuarta etapa** (Investigación de proyectos): abarca el cuarto y quinto año de la carrera, donde las asignaturas de ingeniería de software constituyen las integradoras, los estudiantes trabajan en función de sus proyectos integradores profesionales convergentes a los proyectos de diploma, visionando estrategias para su enriquecimiento. Se sistematizan las habilidades generalizadas y se refuerzan las habilidades gestionar proyectos e investigar procesos investigativos.

La Figura 2 muestra la secuenciación del PDHPI en relación a las cuatro etapas propuestas y al lugar que ocupan las habilidades generalizadas en cada año.

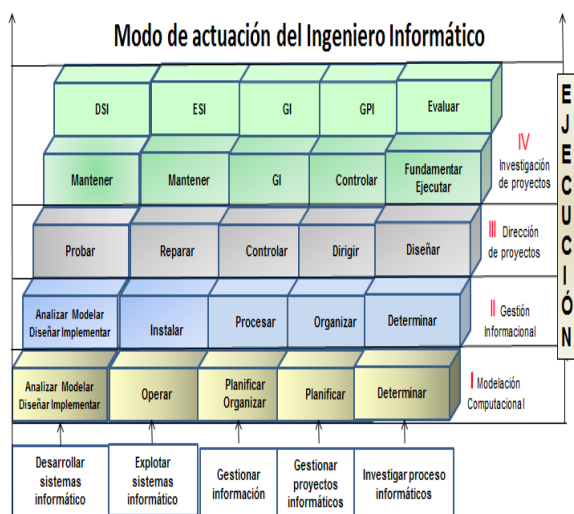
### Principios para el desarrollo de habilidades profesionales en estudiantes de la carrera Ingeniería Informática

Los principios que sustentan la propuesta para el desarrollo de habilidades profesionales informáticas son los siguientes:

1. Principio integrador, contextual y transversal de los proyectos integradores profesionales:



significa que los proyectos han de ser entendidos y “atendidos” por el profesor, no como elementos independientes, aislados de un semestre o año, sino en estrecha relación que permite la comprensión de la naturaleza interdisciplinaria del proyecto como portador de múltiples saberes, los cuales expresan aquellas necesidades más generales y frecuentes de la realidad, que requieren que el estudiante a lo largo de los diferentes años se apropie de los métodos de trabajo más generales para darle solución, convirtiéndose en punto de partida esencial para que se produzca el acto de aprendizaje.



**Figura 2. Etapas para el desarrollo de habilidades profesionales.**

- Principio sistémico, frecuente y secuenciado de la complejidad de las habilidades profesionales: permite entender que el proceso de desarrollo de una habilidad profesional necesariamente tiene que transitar por diferentes momentos y que se logra a través de la sistematización del sistema de acciones y operaciones a través de los diferentes años. Las habilidades, al estar formada por otras de menor complejidad, exigen al estudiante transitar por un proceso lógico del pensamiento, de lo simple a lo complejo, que implica como requisito indispensable, dominar y poder aplicar cada etapa inferior en un contexto determinado superior, en el que necesariamente tendrá que mostrar múltiples conocimientos y habilidades ya adquiridos.
- Principio protagónico del profesor, el estudiante y el grupo: Está relacionado con el papel activo del profesor, el estudiante y el grupo. En cuanto al profesor, en relación con sus estrategias de

enseñanza, en las formas en que organiza el proceso de enseñanza - aprendizaje para que el objetivo sea alcanzado; en cuanto al estudiante, en lo concerniente a sus estrategias de aprendizaje, a su disposición por resolver de forma autónoma las tareas, a la persistencia en establecer relaciones con nuevas realidades a partir de nuevos proyectos, que activen otras necesidades de aprendizaje, a favor del desarrollo de habilidades.

- Principio estratégico – transdisciplinar del método proyecto: es considerado principio rector, al dinamizar el resto de los principios, propiciando la colaboración entre los estudiantes, profesores, el equipo de trabajo y otras personas involucradas en el proyecto, con el fin de que el conocimiento sea compartido y distribuido entre los miembros de la comunidad de aprendizaje.

### 3.5 Concepción de la línea Bioinformática en la carrera

Desde hace varios años el Departamento de Informática trabaja la línea de investigación Bioinformática. Aquí se han obtenido diferentes resultados como son tesis de pregrado, maestría y doctorados. Por tal motivo, es de vital importancia la incorporación de esta temática dentro de los grupos científicos estudiantiles, así como su vinculación con los proyectos integradores de los estudiantes.

Una de las temáticas que aborda el departamento es la reconstrucción de modelos metabólicos a escala genómica. Dicho proceso consiste en listar y agrupar el conjunto de reacciones metabólicas de un organismo, a partir de la información disponible en diversas bases de datos biológicas, por lo que requiere del trabajo de un especialista durante varios meses. Los modelos metabólicos a escala genómica constituyen una herramienta útil para estudiar las capacidades metabólicas de un organismo y su comportamiento ante posibles perturbaciones, con lo cual es posible diseñar estrategias ingenieriles orientadas a mejorar una función en particular. Como resultado en esta área se ha obtenido COPABI, una Plataforma Computacional para el acceso a la información biológica, que permite reconstruir automáticamente dichos modelos metabólicos (Reyes, 2013).

#### COPABI (Fig. 3)

Esta aplicación se basó en el desarrollo y análisis de algoritmos que incluyen decisiones a partir de criterios probabilísticos. Consecuentemente, se



logra reconstruir modelos metabólicos a escala genómica cumpliendo los criterios de completitud y unicidad de las vías metabólicas.

Como parte del algoritmo se trató la inclusión de reacciones metabólicas adicionales al modelo. Su selección se fundamentó por la prevalencia de metabolitos en un mapa metabólico general, conformado por todas las reacciones metabólicas que existen en los sistemas vivos de la naturaleza.

Por otro lado, se tuvo en cuenta la presencia repetida de una misma reacción metabólica pero relacionada con diferentes enzimas. Nuevamente, se usó un criterio probabilístico para la toma de decisión basada en la unicidad de las vías metabólicas, considerando una única reacción bioquímica.

### Instrumentación de la propuesta desde la línea Bioinformática

Para la instrumentación de la propuesta, se considera oportuna la definición del banco de proyectos de Bioinformática de manera que el equipo de estudiantes a trabajar, pueda desde primer año familiarizarse con los conceptos básicos de la teoría. Por ejemplo:

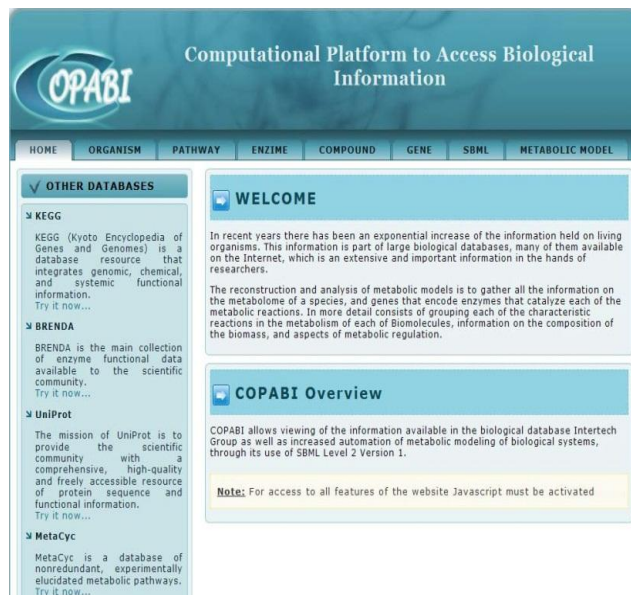


Figura 3. Interfaz principal de COPABI

### Etapa I: Modelación Computacional

Enunciado: Se desea controlar la información relacionada con los organismos. De ellos se conoce su ID, linaje y la definición de los mismos. Cada organismo cuenta con un conjunto de reacciones, de las cuales se sabe su ID y su reversibilidad.

Represente el Diagrama UML de la situación presentada y defina las clases utilizando el lenguaje de programación CSharp.

En esta etapa los estudiantes deberán enfrentarse a la utilización de lenguajes y técnicas de programación para la resolución de problemas. En este primer año de la carrera se trabajará con la definición de clases y se profundizará en el paradigma de Programación Orientada a Objetos con términos como Herencia, Polimorfismo, Encapsulamiento, Abstracción, etc. Los estudiantes podrán visualizar en la implementación de COPABI la definición de clases como: Organismo, Reacción, Compuesto, que son además, términos de los cuales deberán apropiarse durante el estudio de la teoría relaciona con la Bioinformática.

### Etapa II: Gestión Informacional

Enunciado: Un modelo metabólico consiste en listar el conjunto de reacciones metabólicas que tienen lugar en un organismo. Se conoce que dichos modelos metabólicos pueden ser analizados como una red, donde cada metabolito de un modelo se puede pensar como un nodo y la reacción representa los vínculos entre los metabolitos. Estos enlaces se pueden dirigir si se tiene en cuenta la reversibilidad de las reacciones. Implemente la problemática anterior a partir de la estructura de datos más factibles para la solución del problema planteado. Utilice el trabajo con ficheros para exportar la información en formato SBML.

En esta segunda etapa los estudiantes podrán utilizar estructuras de datos más factibles para el manejo de la información. Hasta este momento igualmente, dicha información se almacenaba solo durante el proceso de ejecución de la aplicación y ya aquí se puede hacer uso de Sistemas Gestores de Base de Datos para almacenar la información biológica. Igualmente se trabaja con ficheros, un elemento importante dentro de la Bioinformática, debido a que toda la información biológica debe poder expresarse utilizando el formato SBML, que es lenguaje de marcado para la Biología de Sistemas.

### Etapa III: Dirección de proyectos

Enunciado: Un modelo metabólico consiste en listar el conjunto de reacciones metabólicas que tienen lugar en un organismo. Se conoce que dichos modelos metabólicos pueden ser analizados como una red, donde cada metabolito de un modelo se puede pensar como un nodo y la reacción representa los vínculos entre los metabolitos. Estos enlaces se pueden dirigir si se tiene en cuenta la reversibilidad de las reacciones. Implemente la problemática



anterior a partir de la estructura de datos más factibles para la solución del problema planteado. Utilice el trabajo con ficheros para exportar la información en formato SBML.

- Realice la descripción por etapas de la Metodología de Desarrollo de Software RUP.
- Modele los artefactos utilizando Enterprise Architect como Herramienta Case.
- Desarrolle la aplicación en entorno web utilizando los lenguajes y herramientas que considere más factibles.

En esta etapa es de vital importancia la concepción del proceso de desarrollo de software a partir de las metodologías de desarrollo que se utilizan en la actualidad. Aquí los estudiantes deberán argumentar por etapas el ciclo de desarrollo del software y construir los artefactos utilizando una herramienta Case. Igualmente, se incorpora la tecnología web como otro de los contenidos de programación que los estudiantes deben dominar. Para ello se deja a consideración de los mismos el uso de los lenguajes y técnicas que consideren más apropiados para dar respuesta al problema planteado.

#### Etapa IV: Investigación de proyectos

Enunciado: Se mantiene el enunciado anterior, con las nuevas exigencias.

- Utilice la definición de roles dentro del equipo de desarrollo para una mejor gestión del software. Argumente cada uno.
- Realice el estudio de factibilidad del proyecto.
- Defina la metodología de investigación en la que se sustenta la problemática planteada.

En esta última etapa se trabaja en la definición de roles dentro del equipo de desarrollo, potenciando valores como la responsabilidad y el colectivismo. Los estudiantes deben ser capaces de realizar el estudio de factibilidad para el desarrollo del software y definir la metodología de investigación que aborda la problemática planteada. Esto permitirá encauzar las investigaciones en futuros temas de tesis de pregrado, lo que favorece el ciclo de formación de habilidades en el área de Bioinformática, como una de las líneas de investigación del departamento carrera.

#### 4. Conclusiones

La concepción transversal de los proyectos integradores a favor del proceso de formación y desarrollo de habilidades profesionales, en estudiantes de la carrera Ingeniería Informática, se fundamenta a partir de la estructuración y secuenciación del sistema de habilidades profesionales centrada en el método proyecto, en las dimensiones tecnológica y gerencial, teniendo en cuenta cuatro etapas, lo que evidencia el carácter sistémico, integrador, secuenciado y contextualizado de dicho proceso, sustentado en los principios descritos.

El banco de proyectos profesionales en la línea de Bioinformática permite el estudio de los modelos metabólicos a escala genómica, diseñando estrategias ingenieriles orientadas a mejorar una función en particular y tributando a construir transversalmente múltiples soluciones informáticas a favor del proceso de formación y desarrollo de habilidades profesionales informáticas.

#### 5. Referencias Bibliográficas

- Álvarez de Zayas, C. (1996). *El Diseño Curricular en la Educación Superior Cubana*. Recuperado de [ftp://server\\_ceces.upr.eu.cu](ftp://server_ceces.upr.eu.cu)
- Álvarez, C (1999). Didáctica. *La escuela en la vida*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Attwood, T.K., Eriksson, A.G. y Bongcam-Rudloff, E. (2011). Concepts, Historical Milestones and the Central Place of Bioinformatics in Modern Biology: A European Perspective Bioinformatics - Trends and Methodologies, ISBN: 978-953-307-282-1 doi: 10.5772/23535.
- Pevsner, J. (2009). Front matter, in Bioinformatics and Functional Genomics, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9780470451496.fmatter. Print ISBN: 9780470085851. Online ISBN: 9780470451496.
- Reyes, R. (2013). Desarrollo y análisis de algoritmos probabilísticos para la reconstrucción de modelos metabólicos a escala genómica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.

**Fecha de recepción:** 25 de octubre de 2017

**Fecha de aceptación:** 14 de noviembre de 2017